

Статья поступила 25 июня 1984 г.

621.007.52

АНАЛИЗ ПОТРЕБНОСТИ В РОБОТАХ РАЗЛИЧНОЙ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ

Д-р техн. наук, проф. Н. И. КАМЫШНЫЙ, канд. техн. наук, доц. И. И. ПАВЛЕНКО

Дается обоснование народнохозяйственной потребности в работах различной грузоподъемности.

Для решения вопроса об очередности и количестве производства роботов различной грузоподъемности необходимо знать народнохозяйственную их потребность. Эту потребность можно представить как отношение общего времени N , которое должно быть отработано роботами (робото-часов) за определенный промежуток времени, к действительному фонду времени T этого промежутка, $Q=N:T$.

Общее количество робото-часов равно сумме времени по всем выполняемым операциям

$$N = \sum_{i=1}^n t_i.$$

Сумму операций, с достаточно приемлемой точностью, удобно заменить общим количеством деталей F , с которыми будут работать роботы данной грузоподъемности за рассматриваемое время (принимая при этом условие, что с каждой деталью роботы оперируют одинаковое количество раз). Тогда

$$N = Ft_{cp},$$

где t_{cp} — время, затрачиваемое роботом на оперирование с одной условно-средней деталью.

Таким образом, потребное количество роботов различной грузоподъемности ($Q = Ft_{cp}/T$) будет пропорционально общему количеству деталей F , приходящихся на каждую ступень роботов по грузоподъемности. Параметры t_{cp} и T являются более однозначными и в значительной степени определенными величинами. Поэтому для решения поставленного вопроса в первую очередь необходимо определить величины F .

Анализ условий эксплуатации роботов показывает, что основное их применение имеет место при выполнении загрузочно-разгрузочных, транспортно-складских, сборочных и других операций, где объектами перемещения являются разнообразные штучные детали. Для определения типов и размеров деталей, с которыми чаще всего возможна работа, использованы материалы классификатора деталей общемашиностроительного применения [1]. Приведенная в классификаторе условная суммарная годовая потребность в различных деталях показывает, что к деталям наиболее частого общемашиностроительного применения относятся детали типа тел вращения. Детали вращения наиболее приспособлены к автоматической обработке, транспортировке, сборке и т. п. Поэтому большинство автоматически действующего оборудования и промышленных роботов используются для работы с такими деталями.

Площади, заключенные между линиями грузоподъемности ($P = \gamma(\pi d^2/4) l = \text{const}$, где l , d — длина и диаметр деталей вращения; γ — плотность материала) в координатах l — d (рис. 1) и будут определять предполагаемую область использования роботов конкретной грузоподъемности, что соответствует количеству деталей F , с которыми они будут работать. При условии, что детали с любым соотношением длин и диаметров имеют равную вероятность использования.

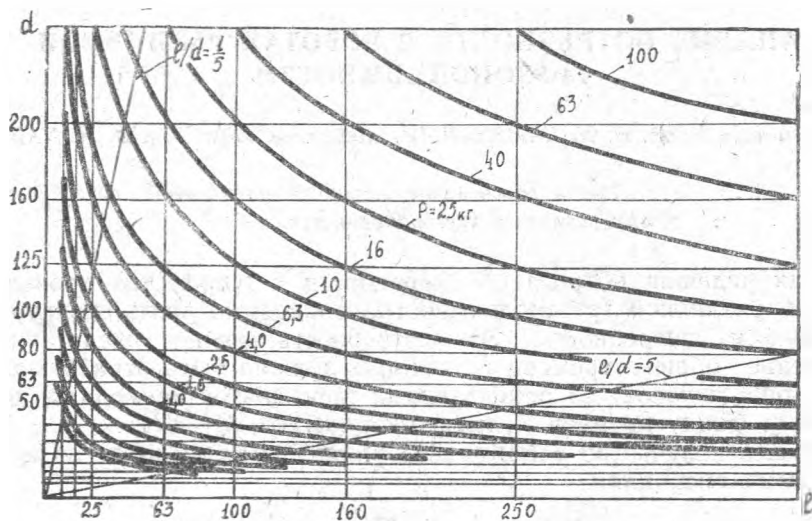


Рис. 1

Из материалов отмеченного классификатора также следует, что потребность в деталях с большим и малым отношением длины к диаметру (l/d) значительно меньше. Поэтому для учета реальных значений областей использования роботов введено ограничение отношения длин деталей к диаметру.

С учетом этих ограничений площади, расположенные между линиями грузоподъемностей, представляют собой криволинейные трапеции, величина которых в полярной системе координат (рис. 2 а) равна

$$F = \iint \rho \, d\rho \, d\alpha,$$

где ρ — уравнение линии грузоподъемности,

$$\rho = \sqrt[3]{\frac{\beta^2}{\sin^2 \alpha \cos \alpha}}, \quad \text{где } \beta = \sqrt{\frac{4P}{\pi \gamma}}.$$

При определении пределов интегрирования по переменной α используем ограничительные линии AB и CD . Уравнение линии AB : $d=l/5$, откуда

$$\rho \sin \alpha_1 = \frac{\rho \cos \alpha_1}{5}, \quad \text{т. е. } \operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{1}{5}, \quad \alpha_1 = \operatorname{arctg} \frac{1}{5}.$$

Аналогично по уравнению линии CD : $d=5l$, откуда $\operatorname{tg} \alpha_2=5$, $\alpha_2 = \operatorname{arctg} 5$. Тогда уравнение криволинейной трапеции для робота с грузоподъемностью P_i можно записать

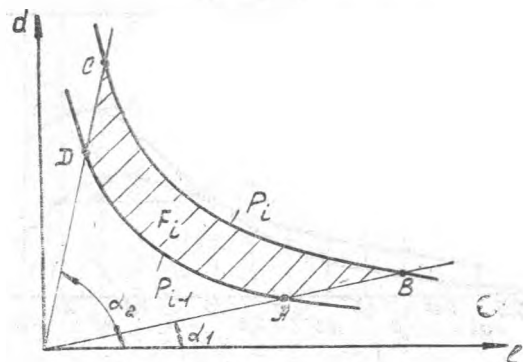
$$F_i = \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} d\alpha \int_{\rho_{i-1}}^{\rho_i} \rho \, d\rho.$$

Интегрируя это уравнение, получим

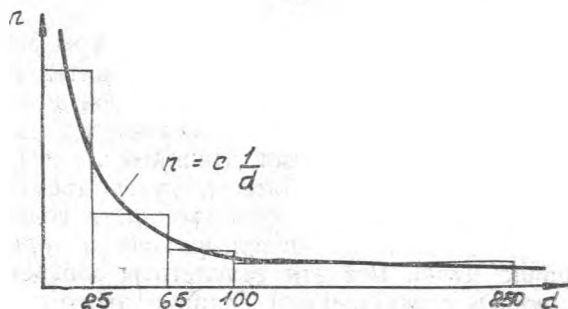
$$F_i = 1,7 (\beta_i^{1/3} - \beta_i^{1/3} \alpha_{i-1}).$$

Подставив значение β_i и β_{i-1} и учитывая, что $P_i = P_{i-1} \varphi$ (при рекомендуемом ряде роботов [2, 3] по грузоподъемности со знаменателем $\varphi = 1,6$), получим

$$F_i = 1,7 \left(\frac{4P_{i-1}}{\pi d_i} \right)^{2/3} (\varphi^{2/3} - 1).$$



a)



b)

Рис. 2

Если также предположить, что все детали стальные, т. е. $\gamma = 7,8 \cdot 10^6$ кг/м³, окончательно получим уравнение площадей (областей использования) для каждой ступени грузоподъемности роботов

$$F_i = 13,7 P_i^{2/3}.$$

Так как ряд роботов по грузоподъемности должен представлять собой геометрическую прогрессию со знаменателем $\varphi = 1,6$, то вероятная область использования роботов при переходе от одной ступени к другой изменяется в

$$\frac{F_{i+1}}{F_i} = \varphi^{2/3} = 1,36 \text{ раза}$$

Из классификатора деталей общемашиностроительного применения следует, что детали вращения с длиной до 500 мм составляют 93% общего их количества, 97% деталей имеют диаметр меньше 250 мм. Поэтому достаточно общую область использования роботов можно рассматривать в пределах диаметров 0 ÷ 250 мм и длин 0 ÷ 500 мм. Тогда

отмеченное выше условие будет иметь место до тех пор, пока ограничительные линии $d_0=250$ мм и $l_0=500$ мм не будут отсекают части площадей. Результаты вычислений (величины площадей, при отсечении части их ограничительными линиями, определены аналогично), в виде относительной величины области использования $f_i = F_i/F_{10}$ (т. е. отношение области использования роботов конкретной грузоподъемности к области использования роботов грузоподъемностью $P=10$ кг), приведены на рис. 3.

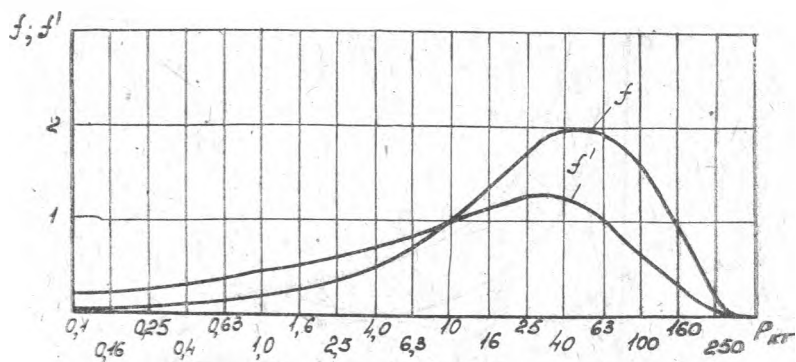


Рис. 3

Из полученных данных следует, что при таком законе распределения вероятная область использования последовательно изменяется в 1,36 раза при переходе от одной ступени к другой до ступени $P=16$ кг. Для последующих ступеней этот рост снижается в связи с отсечением части площадей ограничительными линиями d_0 и l_0 . Максимальную область использования имеют роботы с грузоподъемностью $P=25$; 40; 63 кг. Дальнейшее увеличение грузоподъемности ведет к резкому снижению вероятной области их использования и при $P=250$; 400 кг практически равно нулю. Все эти результаты соответствуют условию, что детали с любым соотношением длин и диаметров имеют равную вероятность использования, т. е. равную вероятность оперирования с ними роботов.

Из анализа материалов отмеченного классификатора также следует, что детали с меньшими размерами имеют большую годовую потребность. На основе суммирования приведенных в классификаторе данных получена зависимость (рис. 2, б) народнохозяйственной потребности деталей от их диаметра, которую с приемлемой точностью можно выразить так: $n = c l / d$, где c — постоянная величина.

Приведенная зависимость характеризует плотность («удельный вес») различных точек от диаметра в координатной плоскости $l-d$.

Области использования роботов в этом случае определяются из уравнения

$$F' = \iint n p \, d\rho \, da.$$

Решая его так же, как и при равновероятном законе использования деталей, окончательно получим

$$F'_i = 4,8 c P_i^{1/3}.$$

Вероятная область использования роботов при переходе от одной ступени к другой изменяется в

$$F'_{i+1}/F'_i = \varphi^{1/3} = 1,17 \text{ раза.}$$

Результаты этих вычислений ($f_1' = F_1' / F_{10}'$) представлены на рис. 3. Характер изменения потребности в роботах различной грузоподъемности подобен рассмотренному выше примеру, с той лишь разницей, что интенсивность этого изменения значительно меньше, особенно в области малой грузоподъемности роботов.

Таким образом, роботы грузоподъемностью 16,25 и 40 кг имеют наибольшую область использования, а следовательно, в них существует максимальная народнохозяйственная потребность.

Следовательно, необходимо в первую очередь осуществлять массовое производство отмеченных роботов, а также роботов с грузоподъемностью 63; 10; 6,3; 2,5 кг. Роботы грузоподъемностью выше 160, 250 кг, в основном, должны быть целевого назначения. Народнохозяйственная потребность в роботах грузоподъемностью меньше 1 кг ниже, поэтому в начальный период их производство можно осуществлять через ступень. Такое решение оправдано еще и тем, что влияние веса (в данном случае малого веса) перемещаемых деталей на энергетические, точностные и другие характеристики работы роботов не так существенно, как для роботов большой грузоподъемности.

Наряду с этим следует отметить, что на общую народнохозяйственную потребность в роботах различной грузоподъемности влияет еще множество других факторов. Так, роботы оперируют не только с цилиндрическими, но и с другими деталями, а также специальными механизмами, выполняя различные операции. В свою очередь, классификатор деталей общемашиностроительного применения не охватывает значительного количества мелких деталей приборостроения и других отраслей, что, естественно, повышает потребность в роботах малой грузоподъемности. При этом также не учитывается, что автоматизация производственных процессов в настоящее время осуществляется не только на основе использования роботов, но и с помощью множества других механизмов и устройств.

К тому же потребность в роботах, как отмечалось выше, зависит и от времени выполнения операций. Если в пределах каждой грузоподъемности можно пользоваться длительностью выполнения условно-средней операции, то при переходе от одной грузоподъемности к другой это время будет изменяться, и, как правило, возрастать с увеличением грузоподъемности.

Следует также добавить, что приведенные результаты получены при наиболее оптимальных условиях, когда каждый робот оперирует с деталями его зоны (площади в координатах $l-d$). На практике возможны условия, когда роботы оперируют с деталями меньшего веса, чем его номинальные пределы. Поэтому незначительное предпочтение должно отдаваться роботам с повышенной грузоподъемностью.

Естественно, использование отмеченных и других условий обеспечило бы более точное определение потребности в роботах различной грузоподъемности. Вместе с тем отсутствие достоверных сведений по этим условиям, несколько меньшая их значимость, а также в ряде случаев взаимная компенсация (например, малых деталей больше, но время оперирования роботов с крупными деталями выше и т. п.) позволяют в первом приближении ограничиться приведенными исследованиями, а полученные результаты рассматривать как достаточно достоверные, так как они базируются на учете наиболее типовых и массовых объектов, с которыми оперируют роботы. Помимо этого, их приемлемость подтверждается результатами статистических обследований характеристик выпускаемых роботов [4, 5].

В целом полученные данные позволяют более обоснованно представлять общую закономерность того, какова потребность в роботах

различной грузоподъемности, а следовательно, очередность организации серийного, а затем и массового их производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Детали общемашиностроительного применения. Номенклатура, потребность, очередность разработки типовых комплексных технологических процессов, М., ОМТРМ 0606-001-64.
2. Павленко И. И., Камышный Н. И., Параметрическая и размерная градация промышленных роботов, «Известия вузов. Машиностроение», 1979, № 4.
3. Юревич Е. И. и др., Классификация промышленных роботов, Научно-технический сб. «Промышленные роботы», № 1, изд-во «Машиностроение», Л., 1977.
4. Козырев Ю. Г., Перспективы развития и применения автоматических манипуляторов, «Механизация и автоматизация производства», 1980, № 2.
5. Мишкинд С. И., Юревич Е. И., Особенности отечественных автоматических манипуляторов, там же.

Статья поступила 5 апреля 1984 г.